

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-144330

(43)Date of publication of application : 25.05.2001

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 11-326208

(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing : 17.11.1999

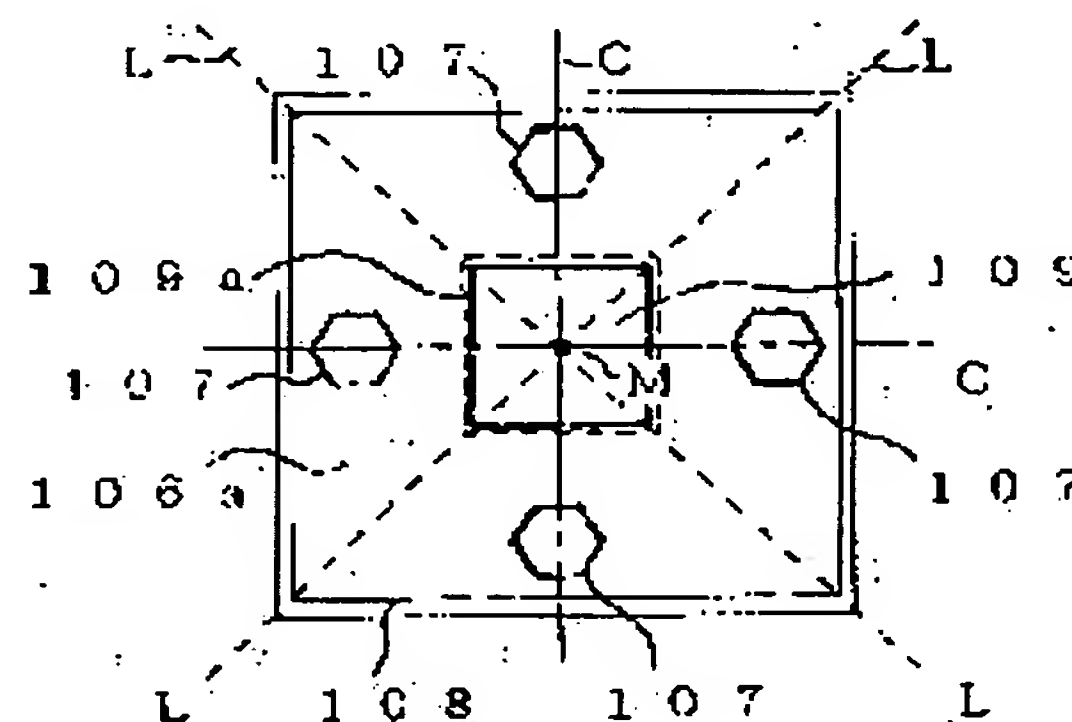
(72)Inventor : TAKEUCHI RYOICHI
MITANI KAZUHIRO
NABEKURA WATARU
UDAGAWA TAKASHI

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an LED, which is enhanced in brightness and luminous performance by a method where an element drive current is uniformly diffused throughout an open light-emitting region, where the LED is equipped with a light-emitting layer, a window layer of oxide, and a wiring pedestal electrode.

SOLUTION: A conductive electrode is formed in a specific pattern between a semiconductor LED component layer and a window layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

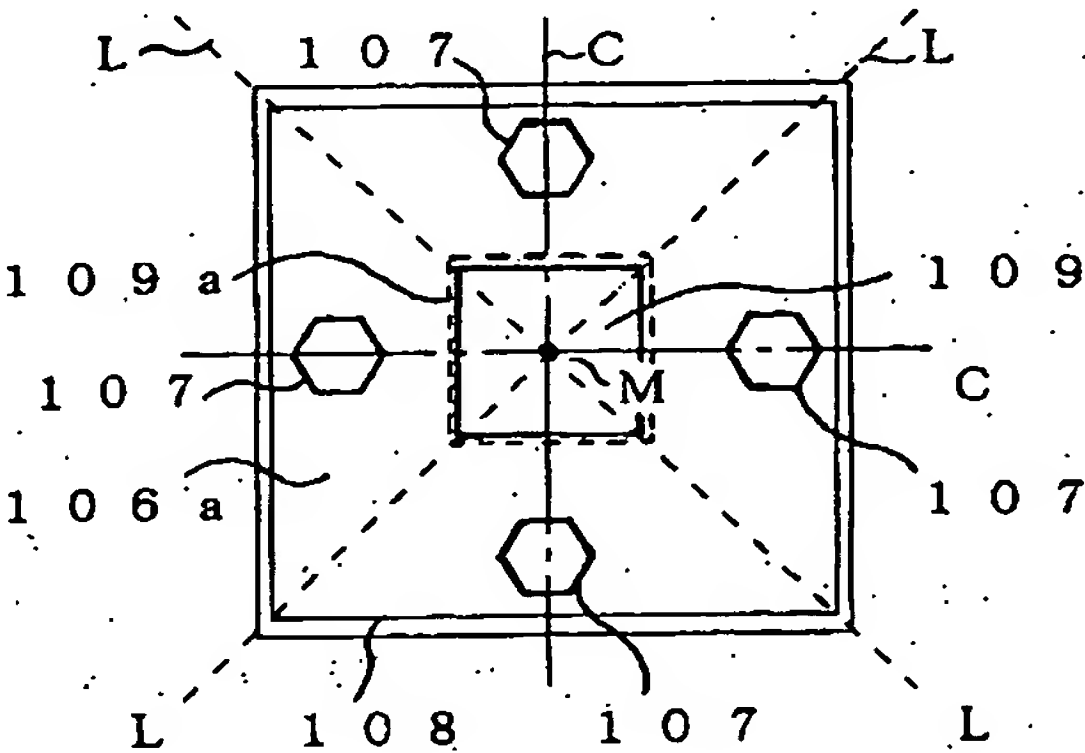
テ-マコード*(参考)
E 5 F 0 4 1
C

審査請求 未請求 請求項の数24 O L （全 14 頁）

(21)出願番号	特願平11－326208	(71)出願人	000002004 昭和電工株式会社 東京都港区芝大門 1 丁目13番 9 号
(22)出願日	平成11年11月17日 (1999. 11. 17)	(72)発明者	竹内 良一 埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株 式会社秩父工場内
		(72)発明者	三谷 和弘 埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株 式会社秩父工場内
		(74)代理人	100094237 弁理士 矢口 平
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 半導体発光ダイオード

(57)【要約】
【課題】発光層、酸化物からなる窓層、および結線用台座電極を有する半導体発光ダイオードにおいて、素子駆動電流を開放発光領域に均一に拡散させ、高輝度、高発光効率の L E Dを提供する。
【解決手段】半導体 L E D構成層と窓層との間に、特定のパターンで導電性電極を敷設する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】発光層、酸化物からなる窓層、および結線用台座電極を有する半導体発光ダイオードにおいて、素子平面における台座電極の射影領域以外に導電性電極を有することを特徴とする半導体発光ダイオード。

【請求項2】素子の平面形状が、一辺の長さを150～500 μ mとした略正方形であることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項3】素子平面における上記の導電性電極の面積の合計が、台座電極の底面積の10～300%の範囲であることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項4】素子平面上において、上記の導電性電極と台座電極の底部とを除く部分の面積が、素子平面全体に対する面積の比率で、30～95%の範囲であることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項5】上記導電性電極の平面形状が円形であり、直径が5～200 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項6】上記導電性電極の平面形状が楕円形であり、長径が5～200 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項7】上記導電性電極の平面形状が方形であり、一辺の長さが5～200 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項8】上記導電性電極の平面形状が多角形であり、一辺の長さが5～200 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項9】上記導電性電極の平面形状が帯状であり、線幅が5～100 μ mの範囲であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項10】帯状の導電性電極が平行に配置され、帯の間隔が5～150 μ mの範囲であることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項11】帯状の導電性電極が、素子平面形状の外縁をなす一辺に平行に配置されていることを特徴とする請求項9または10に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項12】帯状の導電性電極が、素子平面形状の対角線に沿って平行に配置されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項13】帯状の導電性電極が、格子状に交差させて配置された部分を含むことを特徴とする請求項9～11の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項14】帯状の導電性電極が、素子平面形状の対

角線または中心に対して対称に配置されていることを特徴とする請求項9～13の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項15】帯状の導電性電極が、素子平面形状の対角線上に形成されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項16】帯状の導電性電極が、その帯状電極の長手方向に略直交した枝状の電極を有することを特徴とする請求項9～12、14または15の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項17】枝状の電極の長さが、帯状の導電性電極の、長手方向の長さ未満としたことを特徴とする請求項16に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項18】帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域を囲んで形成されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項19】帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域を囲んで形成され、かつ導電性電極が曲線的にまたは曲折的に、連続してまたは不連続的に配置されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項20】帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする輪状に形成されていることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項21】帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に断続的に配置された円弧状であることを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項22】帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に円弧状に配置した電極と、輪状に設けた電極とを有することを特徴とする請求項9に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項23】台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に配置した電極が、枝状の電極を備えていることを特徴とする請求項18～22の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード。

【請求項24】枝状の電極が、素子平面形状の対角線に沿って形成されていることを特徴とする請求項23に記載の半導体発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体発光ダイオード(LED)に関し、さらに詳しくはLED駆動電流を発光領域に広範に拡散できる電極構造を具備した半導体LEDに関する。

【0002】

【従来の技術】酸化インジウム・錫(英略称:ITO)などの導電性酸化物材料からなる窓層を備えた半導体LEDにあっては、LED駆動電流は窓層の上表面に唯

一、配置された台座（pad）電極から供給される構造となっている。しかし、窓層を構成する酸化物層とLEDを構成する半導体層とを直接接合させる構成とすると高い接合障壁が形成され、駆動電流を発光部に広範に拡散できない。従って、徒に高い順方向電圧（所謂、VF）が帰結される。例えば、窒化ガリウム（化学式：GaN）に透明窓層としてITOを接合させた構成を具備したGaN系LEDのVF（順方向電流＝20mA）は一般値の約2倍の7ボルト（単位：V）を超えるものとなる（Appl. Phys. Lett., 74（26）（1999）、3930～3932頁参照）。これは、低電圧で駆動できる透明導電性窓層を具備した高輝度のGaN系LEDを得る際の妨げとなっている。

【0003】砒化ガリウム（化学式：GaAs）と略格子整合するリン化アルミニウム・ガリウム・インジウム混晶（ $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(0 \leq x \leq 1)$ ）を発光層とするAlGaInP系LEDでは、ITOからなる透明酸化物窓層の表面上に唯一備えられた台座電極から供給される駆動電流を発光部へと効率的に流通させるために、窓層とLED構成層との間にコンタクト（contact）層を配置する構成が知られている（特開平11-17220号参照）。コンタクト層は、窓層とLEDを構成するIII-V族化合物半導体層とのオーミック（Ohmic）接触性を促進させるために設けられ、GaAs、砒化リン化ガリウム（組成式： $GaAs_{1-c}P_c$ ： $0 \leq c \leq 1$ ）等から構成されるものとなっている（上記の特開平11-17220号公報参照）。しかし、従来のIII-V族化合物半導体LEDでは、発光波長に対応するよりも禁止帯幅を小とするIII-V族化合物半導体からなるコンタクト層が発光領域の表面を被覆して敷設されているため（上記の特開平11-17220号公報参照）、この構成ではコンタクト層に因り発光が吸収され、高輝度のIII-V族化合物半導体LEDを得るのに支障となっている。

【0004】また、特開平11-4020号公報に記載される発明には、表面に唯一、ボンディング用台座電極が敷設されたITO透明電極層とLED構成層との間に、亜鉛（元素記号：Zn）等の金属膜を具備するAlGaInPLEDが開示されている。この従来技術に依れば、Zn等の金属膜はITO電極層とIII-V族化合物半導体構成層との密着性を増強する目的で、発光領域の全面に一様に万遍なく配置される構成となっている。この様にITO透明電極層の直下に金属材料からなる連続膜を配置する手段では、発光層からの発光が金属材料膜に容赦なく吸収されてしまうため、高輝度のAlGaInPLEDを得るに妨げとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の問題点を鑑みなされたもので、発光層からの発光を効率よく外部に取り出せ、且つ、発光領域に広範に駆動電流を拡散

できる電極構造を有する半導体LEDを提供する。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記課題を解決すべく鋭意努力検討した結果、本発明に到達した。即ち本発明は、[1] 発光層、酸化物からなる窓層、および結線用台座電極を有する半導体発光ダイオードにおいて、素子平面における台座電極の射影領域以外に導電性電極を有することを特徴とする半導体発光ダイオード、[2] 素子の平面形状が、一辺の長さを150～500μmとした略正方形であることを特徴とする[1]に記載の半導体発光ダイオード、[3] 素子平面における上記の導電性電極の面積の合計が、台座電極の底面積の10～300%の範囲であることを特徴とする[1]または[2]に記載の半導体発光ダイオード、[4] 素子平面上において、上記の導電性電極と台座電極の底部とを除く部分の面積が、素子平面全体に対する面積の比率で、30～95%の範囲であることを特徴とする

[1]～[3]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[5] 上記導電性電極の平面形状が円形であり、直径が5～200μmの範囲であることを特徴とする

[1]～[4]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[6] 上記導電性電極の平面形状が楕円形であり、長径が5～200μmの範囲であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[7] 上記導電性電極の平面形状が方形であり、一辺の長さが5～200μmの範囲であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[8] 上記導電性電極の平面形状が多角形であり、一辺の長さが5～200μmの範囲であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[9] 上記導電性電極の平面形状が帯状であり、線幅が5～100μmの範囲であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[10] 帯状の導電性電極が平行に配置され、帯の間隔が5～150μmの範囲であることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、

[11] 帯状の導電性電極が、素子平面形状の外縁をなす一辺に平行に配置されていることを特徴とする[9]または[10]に記載の半導体発光ダイオード、[12] 帯状の導電性電極が、素子平面形状の対角線に沿って平行に配置されていることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[13] 帯状の導電性電極が、格子状に交差させて配置された部分を含むことを特徴とする[9]～[11]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[14] 帯状の導電性電極が、素子平面形状の対角線または中心に対して対称に配置されていることを特徴とする[9]～[13]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[15] 帯状の導電性電極が、素子平面形状の対角線上に形成されていることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[1

6] 帯状の導電性電極が、その帯状電極の長手方向に略直交した枝状の電極を有することを特徴とする[9]～[12]、[14]または[15]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[17]枝状の電極の長さが、帯状の導電性電極の、長手方向の長さ未満としたことを特徴とする[16]に記載の半導体発光ダイオード、[18]帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域を囲んで形成されていることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[19]帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域を囲んで形成され、かつ導電性電極が曲線的にまたは曲折的に、連続してまたは不連続的に配置されていることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[20]帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする輪状に形成されていることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[21]帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に断続的に配置された円弧状であることを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[22]帯状の導電性電極が、台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に円弧状に配置した電極と、輪状に設けた電極とを有することを特徴とする[9]に記載の半導体発光ダイオード、[23]台座電極の素子平面における射影領域の中心を中心点とする円周上に配置した電極が、枝状の電極を備えていることを特徴とする[18]～[22]の何れか1項に記載の半導体発光ダイオード、[24]枝状の電極が、素子平面形状の対角線に沿って形成されていることを特徴とする[23]に記載の半導体発光ダイオード、に関する。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は発光層、酸化物からなる窓層、および結線用台座電極を有し、素子平面における台座電極の射影領域以外に導電性電極を有する半導体LEDに関する。上記の条件を満たせば、素子平面において導電性電極が台座電極の射影領域に形成されていてもよく、この場合VFを下げることができるが、台座電極の下が発光部に流れる電流が増加し発光効率は低下する。また、本発明の構造をIII-V族化合物半導体を用いたLEDに用いることが効果的である。III-V族化合物半導体LEDは、砒化アルミニウム・ガリウム（組成式 $Al_xGa_{1-x}As$ ： $0 \leq x \leq 1$ ）、 $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_{1-y}P$ 、及び窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム（組成式 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ： $0 \leq x, y \leq 1, x+y=1$ ）等からなる結晶層を構成層として構築できる。図1は本発明の請求項1に係わる第1の実施形態の概念的に説明するためのIII-V族化合物半導体LED10の平面模式図である。また、図2は、図1に揭示するLED10の破線X-Yに沿った断面模式図である。

【0008】図2を利用して説明すると、例えば本発明に係わるLED10は、単結晶からなる基板101の表面上にエピタキシャル成長法に依り積層されたIII-V族化合物半導体層からなるn形またはp形クラッド（clad）層104、106と発光層105とのヘテロ（hetero）接合からなる発光部10aと、発光部10a上に冠された導電性の透明酸化物層からなる窓層108とを備えているものである。発光層104と緩衝層102との中間には、ブラッグ反射（DBR）103を挿入した構成としても差し支えはない。窓層108の上表面の大凡中央部にはLED駆動電流を供給するための台座電極109が設けられている。また、本発明のLED10に特徴的なのは、窓層108をなす透明酸化物層とIII-V族化合物半導体層106との間に小型のオーミック電極（導電性電極）107が設置されていることにある。例えば、発光部10aの上クラッド層106の、開放発光領域106aの全域に適度の間隔（d）をもって分散されていることにある。開放発光領域面106aとは、発光層104からの発光が遮蔽されることなく外部に取り出せる領域を云う。即ち、窓層108上の台座電極109が敷設されている領域の外周囲領域、窓層108の直下のIII-V族化合物半導体層106にあっては、台座電極109の射影領域109a以外の領域が開放発光領域106aである。

【0009】台座電極109の底面積とは、LED10を構成する半導体層に接地するところの台座面積109の底部の平面積である。そもそも底面積を大とする導電性電極を多数設ける構成とすると、開放発光領域106aの表面積が減少するため、高輝度の半導体LEDを得るのに不利となる。

【0010】本発明の構造が適用できる発光素子の平面形状の、一辺の長さ（Q）は、好ましくは150～500 μm 、より好ましくは180～300 μm の略正方形である。略正方形とは、好ましくは1辺の他辺に対する比が80～120%の範囲の方形である。また、素子平面における導電性電極107の面積の合計（導電性電極が台座電極と素子平面上において重複している部分を含む）が、台座電極109の底面積の、好ましくは10～300%、より好ましくは20～250%、最も好ましくは30～150%の範囲とすると、台座電極から供給された電流を効率良く発光層に拡散させることができる。また、素子平面上において、上記の導電性電極107と台座電極109の底部とを除く部分の面積（導電性電極と台座電極とが素子平面上において重複している部分は除く）が、素子平面全体に対する面積の比率を開口率とすると、開口率は作製された素子の発光輝度、およびVFと密接な関係がある。図28は、チップの平面形状を一辺260 μm の正方形、台座電極を平面形状が直径150 μm の円形、導電性電極を方形とした場合の、開口率とチップの発光輝度、VF（20mA時）の関係

を示した例である。これらの結果から、開口率を、好ましくは30～95%、より好ましくは50～90%、最も好ましくは65～85%の範囲とすると、上記の電流拡散を最適にする範囲も加味されて効率よく発光を外部に取り出すことが可能となる。

【0011】また本発明の半導体LEDにあって、好適となる導電性電極107の望ましい大きさは、円形の場合の直径、楕円形の場合の長径、方形の場合の一辺の長さ、多角形の場合の一辺の長さで、5～200 μ m、より好ましくは5～50 μ m、最も好ましくは5～30 μ mの範囲である。

【0012】導電性電極107はアルミニウム（元素記号：Al）、ニッケル（元素記号：Ni）等の金属によって形成できるが、n形のIII-V族化合物半導体構成層について、金（元素記号：Au）-ゲルマニウム

（元素記号：Ge）合金、金-インジウム（元素記号：In）合金或いは金-錫（元素記号：Sn）合金等の金合金類から構成すると特にオーミック接触性に優れる導電性電極が構成できる。p形のIII-V族化合物半導体層については、金-亜鉛（元素記号：Zn）合金または金-ベリリウム（元素記号：Be）合金などからオーミック接触性に優れる導電性電極がもたらされる。オーミック接触性に優れる導電性電極は、台座電極109より導電性透明酸化物窓層108を介して供給される駆動電流を発光部10aに効率的に流通させる作用を有する。特に、台座電極109の射影領域109aに於いて窓層108をなす酸化物層とIII-V族化合物半導体構成層とを直接、接合させて高い接合障壁の領域となした上で、オーミック接触性に優れる小型のオーミック電極107を、台座電極109の射影領域109aを除く開放発光領域106aの適所に好適な平面形状をもって配置すれば、動作電流を開放発光領域106aに優先的に且つ均等に拡散することができる。

【0013】また、小型のオーミック電極（導電性電極）107は、開放発光領域106aに於いて、互いに等間隔（＝d）に配置するのが、開放発光領域106aで均一な電界強度分布を形成する上で好都合である。更には、台座電極109（台座電極の射影領域109a）の平面形状の中心Mから等距離（＝R）を保ちつつ、相互に等間隔（＝d）に配置するのが更に好都合である。均一な電界強度分布は開放発光領域106aでの均一な強度の発光をもたらしのに貢献する。台座電極109の平面形状は一般的な円形、楕円形或いは、正方形または長方形などの方形に加え、正六角形や正八角形等の多角形とすることができる。何れの平面形状を選択するにしても、左右対称となる開放発光領域106aをもたらし様に、台座電極109の平面形状は左右対称形であるのが望ましい。また、何れの平面形状の台座電極109にあっても、容易に結線が達成でき、且つ開放発光領域106aの表面積の徒な減少を招くことのない様に、円形

台座電極では直径、楕円形台座電極では長径、正方形の台座電極では一辺の長さ、長方形の台座電極では短辺の長さ、多角形の台座電極では対角線の長さを、好ましくは60～160 μ m、より好ましくは70～120 μ m、最も好ましくは80～110 μ mの範囲とする。

【0014】導電性電極107に接する窓層108は金属酸化物、GaP、GaAlAs等から構成できるが、特に酸化インジウム（ In_2O_3 ）、酸化錫（ SnO_2 ）、酸化インジウム・錫（ITO）等の導電性の透明酸化物材料から構成するのが好ましい。また、アルミニウム（元素記号：Al）、ガリウム（元素記号：Ga）、またはインジウム（元素記号：In）をドーピングして低抵抗率とした酸化亜鉛（化学式： ZnO ）も好適に利用できる。上表面に設ける台座電極109より供給されるLED駆動電流を各オーミック電極（導電性電極）107に流通させるには、窓層108は約 1×10^{-3} オーム・センチメートル（ $\Omega \cdot \text{cm}$ ）以下、望ましくは約 5×10^{-4} $\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の低抵抗率の材料から構成する。また、例えばIII-V族化合物半導体発光層から放射される近紫外帯光、青色帯光或いは緑色帯光などの短波長発光を外部に充分に取り出すための作用を発揮させるために、窓層108は禁止帯幅を大凡、3エレクトロンボルト（単位：eV）以上とする透明酸化物材料から構成するのが好ましい。ちなみにITOと酸化亜鉛の室温での禁止帯幅は約3.4～3.5 eVである。窓層108を構成する導電性酸化物層の層厚は、発光波長に対し高い透過率を与える厚さに設定する。

【0015】LED駆動電流を平面的に拡散し、発光部10aに均一に通流させるために、請求項5に記載の発明に係わる第5の実施形態では、オーミック電極107を台座電極109の射影領域109a以外の外周囲領域106aに複数、配置した小型で円形の導電性電極から構成する。図3に本実施形態に於けるIII-V族化合物半導体LED20の平面模式図を示す。LED20の断面構造は基本的には図2に揭示したLED10のそれと同様である。開放発光領域106aでの電界分布をより均等となすために、オーミック電極107は、台座電極109（台座電極109の射影領域109a）の中心点Mを中心として点対称の関係にある位置に配置するのが望ましい。または、チップの対角線L或いは中心線Cに対して線対称の関係にある位置に複数個設置するのが望ましい。

【0016】請求項6の発明に係わる第6の実施形態に係るオーミック電極107の配置例を図4に例示する。同図には、同一の正楕円形状を有するオーミック電極107を合計8個、チップの対角線L或いは中心線Cに対して左右対称の位置に配置する例を示している。オーミック電極107の形状は必ずしも同一とする必要はなく、左右対称の位置関係にあるオーミック電極107の組を他とは異形としても構わない。例えば、台座電極1

09を挟んでチップの対角線L上に位置するオーミック電極107を円形または方形の導電性電極とし、他の中心線C上に位置する電極は楕円形の導電性電極としてもオーミック電極107は構成できる。

【0017】請求項7の発明に係わる第7の実施形態に依るオーミック電極107の配置例を図5に例示する。同図には、正六角形の台座電極109の周囲に、同一の正方形の平面形状を有するオーミック電極107を合計4個、チップの対角線L上に配置し、対角線L（中心線C）に対して左右対称の位置に配置する例を示している。第7の実施形態に係わるオーミック電極107は、正方形の他、長方形などから構成できる。オーミック電極107の形状は必ずしも同一とする必要はなく、左右対称の位置関係にあるオーミック電極107の組を他とは異形としても構わない。例えば、台座電極109を挟んでチップの対角線L上に位置するオーミック電極107を円形導電性電極とし、他は正方形の導電性電極としてもオーミック電極107が構成できる。

【0018】請求項8の発明に係わる第8の実施形態に係わるオーミック電極107を図6に例示する。本実施形態では、一般的な半導体LEDのチップサイズに鑑み、一辺の長さを5～200 μ mの範囲とする多角形の小型導電性電極からオーミック電極を構成する。オーミック電極を構成するに適する多角形状には例えば、正六角形や正八角形が挙げられる。

【0019】請求項9の発明に係わる第9の実施形態では、半導体LEDの通常のチップサイズに鑑み、線幅を5～100 μ m、好ましくは5～50 μ m、最も好ましくは5～30 μ mの範囲とする帯状の導電性電極110からオーミック電極107を構成する。これにより、開放発光領域106aの徒な減少を抑制する。特に、請求項10の発明に係わる第10の実施形態では帯状の導電性電極を図7に例示する如く、互いに平行に配置してオーミック電極107となす。この場合の帯の間隔は5～150 μ m、好ましくは10～100 μ m、最も好ましくは20～50 μ mとする。

【0020】また特に、請求項11の発明に係わる第11の実施形態では、図8に例示する如く、帯状の導電性電極110をLED10の外縁10bをなす一辺に平行に配置してオーミック電極107を構成する。

【0021】また、図9に請求項12の発明に係わる第12の実施形態を例示する。帯状の導電性電極110をLED10の対角線Lに沿って平行に配置してオーミック電極107を構成する。

【0022】図10に請求項13の発明に係わる第13の実施形態を例示する。本実施形態では、帯状の導電性電極110を格子状に交差させて配置してオーミック電極107を構成する。格子状に交差する帯状電極107aが設けられていない領域は、例えば正方形、長方形或いは菱形に開口されている領域で、同領域には、その下

層のIII-V族化合物半導体構成層106の表面が露呈する構成となっている。

【0023】図11に請求項14の発明に係わる第14の実施形態を例示する。帯状の導電性電極110を台座電極109の射影領域109aの、平面形状の中心MからLEDチップの対角線Lまたは中心線Cに沿って双方向に、左右対称に配置してオーミック電極107から構成する。

【0024】図12に請求項15に係わる第15の実施形態を例示する。帯状の導電性電極110を、LED10の両対角線Lのそれぞれに沿って、台座電極109の射影領域109aの、平面形状の中心点Mに対して左右対称に配置してオーミック電極107を構成する。

【0025】請求項16に係わる第16の実施形態では、その長手方向に略直交して帯状の導電性電極107aに導通する枝状電極111が付帯されている帯状の導電性電極110からオーミック電極107を構成する。特に、請求項17に係わる第17の実施形態では、図13に示す如く枝状電極111を帯状の導電性電極110の、長手方向の長さ未満とした導電性電極からオーミック電極107を構成する。

【0026】図14に請求項18に係わる第18の実施形態を例示する。線幅を5～100 μ m、好ましくは5～50 μ m、最も好ましくは5～30 μ mの範囲とする金属棒電極112を、台座電極109の射影領域109aの外周囲を圍繞して配置させてオーミック電極107を構成する。

【0027】また、図15に請求項19に第19の実施形態を例示する。台座電極109の射影領域109aの外周囲に曲線的にまたは曲折的に、連結させてまたは不連続的に配置した金属棒電極112からオーミック電極107を構成する。

【0028】第18及び19の実施形態に記す金属棒電極112に加えて、上記の第5～第17の実施形態に記す構成からなるオーミック電極107を配備して、総合的にオーミック電極を構成できる。例えば、図16は、金属棒電極112と第7の実施形態に則る正方形の小型導電性電極とを併せて構成されたオーミック電極107の一例である。

【0029】図17に請求項20に係わる第20の実施形態を例示する。台座電極109の射影領域109aの中心点Mを中心とする同心円状の輪状の金属棒電極112からオーミック電極107を構成する。

【0030】図18に請求項21に係わる第21の実施形態を例示する。台座電極109の射影領域109aの中心Mを中心点とする円周上に断続的に配置した円弧状の金属棒電極112からオーミック電極107が構成されている。

【0031】また、図19に請求項22に係わる第22の実施形態を例示する。台座電極109の射影領域10

9aの中心Mを中心点とする円周上に円弧状に配置した第1の金属棒電極112aと、それと同心円をなす円周上に輪状に設けた第2の金属棒電極112bとからオーミック電極107が構成されている。

【0032】また、図20に請求項23に係わる第23の実施形態を例示する。金属棒電極112に導通させて枝状の電極111を備えた導電性電極からオーミック電極107を構成する。

【0033】特に、請求項24に係わる第24の実施形態では、図21に示す如く、第23の実施形態に依るオーミック電極107に加えて、枝状の電極111をLED10の対角線Lに沿って延在されてなる導電性電極からオーミック電極107を構成する。

【0034】

【実施例】（実施例1）以下、本発明を実施例を基に詳細に説明する。図22に本実施例に係わるAlGaInP系LED20の平面模式図を示す。また、図23は図22に示すLED20の破線A-A'に沿った断面模式図である。

【0035】LED20は、直径約50mmの亜鉛（Zn）ドーピングp形（001）-GaAs単結晶円形基板201上に順次、積層されたZnドーピングp形GaAs緩衝層202、何れもZnをドーピングしたp形Al_{0.4}Ga_{0.6}As層とp形Al_{0.95}Ga_{0.05}As層とを交互に10層積層した周期構造からなるブラッグ反射（DBR）層203、Znドーピングp形（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.5}In_{0.5}Pから成る下部クラッド層204、アンドープのn形（Al_{0.2}Ga_{0.8}）_{0.5}In_{0.5}P混晶から成る発光層205、及びSiドーピングn形（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.5}In_{0.5}Pから成る上部クラッド層206から構成されるエピタキシャル積層構造体（ウェハ）2Aを母体材料として構成した。

【0036】積層構造体2Aを構成する各構成層202～206はトリメチルアルミニウム（（CH₃）₃Al）、トリメチルガリウム（（CH₃）₃Ga）及びトリメチルインジウム（（CH₃）₃In）をIII族構成元素の原料とする減圧MOCVD法により成膜した。亜鉛（Zn）のドーピング源にはジエチル亜鉛（（C₂H₅）₂Zn）を利用した。珪素（Si）のドーパント源にはジシラン（Si₂H₆）を使用した。各構成層202～206の成膜温度は730℃に統一した。緩衝層202のキャリア濃度は約5×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約1μmとした。DBR層203をなすn形Al_{0.40}Ga_{0.60}As層とn形Al_{0.95}Ga_{0.05}As層の層厚は各々、約40nmとした。キャリア濃度は各々、約1×10¹⁸cm⁻³とした。下部クラッド層204のキャリア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約1.5μmとした。発光層205の層厚は約15nmとし、キャリア濃度は約5×10¹⁶cm⁻³とした。上部クラッド層206のキャリア濃度は約2×10¹⁸cm⁻³とし、また、

層厚は約5μmとした。

【0037】上部クラッド層206の表面の全面に、一般的な真空蒸着法により膜厚を約50nmとする金・ゲルマニウム合金（Au95重量%-Ge5重量%合金）膜を被着させた。続けて、膜厚を約50nmとする金（Au）被膜を上記のAu-Ge合金膜の表面上に被着させた。次に、一般的なフォトリソグラフィー手段を利用してAu-Ge/Au重層膜にパターンニングを施し、一边を約20μmとする4つの正方形の小型電極207aを後述するLED20のチップの両対角線20c上の4隅部に形成した。また、チップの中心線20a上に平面形状の中心を位置させた4つの長方形の小型電極207bを配置した。長方形電極207bの長辺は40μmとし、短辺は20μmとした。長方形の小型電極207bは長辺をLEDチップの外縁20bに平行にして設置した（図22参照）。正方形電極207aと長方形電極207bとの中心間の距離（=d）は50μmとした。次に、パターンニングされた複数の小型電極207a、207bを上部クラッド層206の表面上に残置させたまま、アルゴン（元素記号：Ar）気流中に於いて420℃で10分間の合金化熱処理を施し、小型電極207a、207bをオーミック電極となした。

【0038】次に、小型オーミック電極207a、207bを配置した上部クラッド層206の表面上に、一般のマグネトロンスパッタリング法により透明窓層208とする酸化インジウム・錫（ITO）膜を被着させた。ITO層の比抵抗は約5×10⁻⁴Ω・cmであり、層厚は約600nmとした。次に、窓層208上の全面に一般的な有機フォトレジスト材料を塗布した後、台座電極209を設けるべき領域を、公知のフォトリソグラフィー技術を利用してパターンニングした。然る後、パターンニングされたレジスト材料を残置させたまま、全面に金（Au）膜を真空蒸着法により被着させた。金（Au）膜の厚さは約700nmとした。その後、周知のリフトオフ（lift-off）手段に依り、レジスト材料を剥離するに併せて台座電極209の形成予定領域に限定してAu膜を残留させた。これより、直径を約110μmとする円形の台座電極209を形成した。台座電極209の底面積は約0.95×10⁻⁴cm²となった。台座電極209の底面積に対し、上記の正方形の、小型電極207aの底面積は4×10⁻⁶cm²であり、長方形の小型電極207bの底面積は8×10⁻⁶cm²である。即ち、台座電極209に対する正方形の小型電極207aの、底面積の比率は約4.2%、長方形の小型電極207bの比率は約8.4%、小型電極の合計面積の、台座電極の底面積に対する比率は約13%となった。

【0039】p形GaAs単結晶基板201の裏面に金・亜鉛（Au・Zn）合金からなるp形オーミック電極210を形成した後、通常のスクライブ法により積層構

造体（ウェハ）2Aを裁断して個別に細分化し、LEDチップ20となした。チップ（個別素子）20は一辺の長さ（=Q）を260 μ mとする正方形とした（平面積約6.8 $\times 10^{-4}$ cm²）。これより、開放発光領域206aの面積は5.9 $\times 10^{-4}$ cm²、素子平面全体に対する小型電極と台座電極の底面積とを除く部分の比率は約85%となった。

【0040】p形オーミック電極210及び台座電極209間に順方向に電流を通流したところ、開放発光領域206aを通して波長を約620nmとする赤橙色が10 出射された。発光スペクトルの半値幅は約20nmであり、単色性に優れる発光であった。20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（VF：@20mA）は、分配して配置した各小型オーミック電極207a、207bの良好なオーミック特性を反映して約2.1ボルト（V）となった。また、分配してオーミック性電極207a、207bを配置した効果に依り、チップ20の周縁20bの領域に於いても発光が認められ、視感度補正をした状態で簡易的に測定される発光の強度は約74ミリカンデラ（mcd）であった。更に、20 本実施例のLED20では、近視野発光パターンの観点からしても開放発光面206aに於ける発光強度の分布は、オーミック電極207a、207bに依る動作電流の均一な分配の効果により均等であった。

【0041】（実施例2）実施例1に記載した積層構造体2Aを使用して、実施例1とは小型オーミック導電性電極207の平面形状のみを異にし、他は実施例1と同様の構成としてLED30を構成した。図24にLED30の平面模式図を示す。

【0042】オーミック電極207は、円形の台座電極209の中心点Mを中心とする半径85 μ mの円周上に円弧状に配置された第1の導電性電極207cと、半径105 μ mの同心円の円周上に円弧状に配置された第2の導電性電極207dとから構成した。第1の円弧状電極207cの、形状の中心はLEDチップ30の中心線30a上に設けた。一方、第1の円弧状電極207cよりチップの外縁30b側に配置した第2の円弧状電極207dの形状中心はチップの対角線線30c上に設けた。第1及び第2の円弧電極207c、207dの線幅は何れも20 μ mとした。第1の円弧状電極207cの、各円弧の長さは90 μ mとし、よって、各円弧の底面積は約1.8 $\times 10^{-5}$ cm²となった。第2の円弧状電極207dの、各円弧の長さは110 μ mとし、よって、第2の電極207dの、各円弧の底面積は約2.2 $\times 10^{-5}$ cm²とした。即ち、電極207c、207dの合計面積の、台座電極の底面積に対する比率は約42%となった。

【0043】円弧状電極207c、207dの表面上に実施例1に記載のITO膜を重層させて透明窓層208を構成し、更に、その上表面に実施例1と同一の半径1

10 μ mの円形台座電極209（底面積約9.5 $\times 10^{-5}$ cm²）を設けて、また、実施例と同じくGaAs基板の裏面にp形のオーミック電極210を設けて、一辺を約260 μ mとする正方形のLED30を構成した。これより、開放発光領域206aの面積は5.5 $\times 10^{-4}$ cm²、素子平面全体に対する207c、207d電極と台座電極の底面積とを除く部分の比率は約81%となった。

【0044】開放発光領域206aを通して中心波長を約620nmとし、半値幅を約20nmとする赤色の発光が出射された。分配してオーミック性電極207c、207dを配置した効果に依り、LEDチップ30の周縁30bに至る開放発光領域206aの略全域で均一な強度発光が発現された。認められ、視感度補正をした状態で簡易的に測定される発光の強度は約76ミリカンデラ（mcd）であった。

【0045】（実施例3）実施例1に記載したエピタキシャル積層構造体2Aの最表層をなす上部クラッド層206の表面上に、実施例1及び実施例2とは異なる平面形状の小型オーミック電極207を配置して、実施例1に記載の手段に則り窓層208を形成した後、実施例1と同様にチップ加工を施しLED40を構成した。図25にAlGaInP系LED40の平面模式図を示す。

【0046】LED40の台座電極209は、一辺の長さを60 μ mとし、一対角線の長さを120 μ mとする正六角形とした。台座電極209の射影領域209aの外周囲には、線幅を20 μ mとする帯状の導電性電極211を六角形状に連結させて配置した枠状電極212を配置してオーミック電極207となした。正六角形状の枠状電極212（平面積約8.5 $\times 10^{-5}$ cm²）は台座電極209の中心点Mから90 μ mの距離を隔てて設けた。次に、実施例1に記載のITO膜を重層させて透明窓層208を構成し、更に、その上表面に実施例1と同一の半径110 μ mの円形台座電極109（底面積約9.5 $\times 10^{-5}$ cm²）を設けて、また、実施例1と同じくGaAs基板の裏面にp形オーミック電極210を設けてLED40を構成した。なお、導電性電極合計面積の、台座電極の底面積に対する比率は約89%、素子平面全体に対する導電性電極と台座電極の底面積とを除く部分の比率は約73%となった。

【0047】開放発光領域206aを通して中心波長を約620nmとし、半値幅を約20nmとする赤色の発光が出射された。LEDチップ40の周縁30bに至る開放発光領域206aの略全域で均一な強度発光が発現された。認められ、視感度補正をした状態で簡易的に測定される発光の強度は約75ミリカンデラ（mcd）であった。

【0048】（実施例4）本実施例では、枝状電極を付帯する枠状電極からなるオーミック電極を備えた窒化ガリウム（GaN）系LEDを構成する場合を例にして本

発明を具体的に説明する。図26にGaN系LED50の平面模式図を示す。図27に、図26のLED50の破線B-B'に沿った断面模式図を示す。

【0049】リン（元素記号：P）ドーパn形（001）珪素（Si）単結晶円形基板301上に順次、積層したアンドープn形リン化硼素（BP）低温緩衝層302、珪素（Si）ドーパn形BP高温緩衝層303、Siをドーピングしたn形GaNからなる下部クラッド層304、平均的なインジウム（In）組成比を0.12とし、インジウム組成を互いに相違する複数の相（phase）からなる多相構造のn形Ga_{0.88}In_{0.12}N発光層305、アルミニウム（Al）組成比（=X）を発光層305との接合界面で0.15とし、層厚の増加方向に漸次、減少させて表面で0としたマグネシウム（Mg）ドーパp形Al_{1-x}Ga_{1-x}N（X=0.15→0）からなる上部クラッド層306をGaN系LED50用途の積層構造体3Aを形成した。

【0050】BP緩衝層302、303は三塩化硼素（化学式：BCl₃）及び三塩化リン（PCl₃）を原料とするハロゲン気相成長（VPE）法により成膜した。BP低温緩衝層302は400℃で成膜し、層厚は約10nmとした。BP高温緩衝層303は1030℃で成膜し、層厚は約1μmとした。キャリア濃度は約2×10¹⁸cm⁻³とした。

【0051】積層構造体3Aを構成するその他の各構成層303～306はトリメチルアルミニウム（（CH₃）₃Al）、トリメチルガリウム（（CH₃）₃Ga）及びトリメチルインジウム（（CH₃）₃In）をIII族構成元素の原料とし、アンモニア（NH₃）をV族原料とする常圧MOCVD法により成膜した。マグネシウム（Mg）のドーピング源にはビスシクロペンタジエニルマグネシウム（bis-（C₅H₅）₂Mg）を利用した。Siのドーパント源にはジシラン（Si₂H₆）を使用した。各構成層303～306の成膜温度は1030℃に統一した。下部クラッド層304のキャリア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約2μmとした。発光層305の層厚は約100nmとし、キャリア濃度は約1×10¹⁷cm⁻³とした。Al_{1-x}Ga_{1-x}N組成勾配層からなる上部クラッド層306のキャリア濃度はアルミニウム組成比に拘わらず約4×10¹⁷cm⁻³とし、また、層厚は約100nmとした。Al_{1-x}Ga_{1-x}N組成勾配層の表面はGaN層とした。

【0052】上部クラッド層306の表面の全面に、一般的な真空蒸着法により膜厚を約100nmとする金（Au）膜を被着させた。次に、一般的なフォトリソグラフィー手段を利用して、Au膜を図26に示す如くの平面形状の枝状電極312を付帯する棒状電極313にパターンニングして、オーミック電極307を構成した。棒状電極313は線幅を30μmとし、長さを各60μmとする帯状電極311を直角に鉤状に組み合わせて構

成した。枝状電極312は帯状電極311の直交部よりLED50の対角線上のチップ外縁部30bへ延在させた線幅を30μmとする帯状電極311から構成した。延在させた枝状電極312の長さは50μmとした。

【0053】次に、p形上部クラッド層306上に小型オーミック電極307を残置させたままで、一般のマグネトロンスパッタリング法により透明窓層308とする酸化インジウム・錫（ITO）膜を被着させた。ITO層の比抵抗は約4×10⁻⁴Ω・cmであり、層厚は約440nmとした。一般的なX線回折分析法に依り、ITO膜は<001>方向（C軸）に優先的に配向した多結晶膜であるのが示された。ITO層は300℃で成膜した。

【0054】次に、窓層308の全面に、一般的な有機フォトレジスト材料を塗布した後、台座電極309を設けるべき領域を、公知のフォトリソグラフィー技術を利用してパターンニングした。然る後、パターンニングされたレジスト材料を残置させたままで、全面にチタン（Ti）膜を電子ビーム真空蒸着法により被着させた。Ti膜の厚さは約500nmとした。その後、レジスト材料を剥離するに併せて、周知のリフトオフ（lift-off）手段に依り台座電極309の形成予定領域に限定してTi膜を残留させた。これより、直径を約120μmとする円形の台座電極309を形成した。台座電極309の平面積は約1.1×10⁻⁴cm²となった。一方、各棒状電極313の底面積は約0.27×10⁻⁴cm²であり、枝状電極312の平面積は0.15×10⁻⁴cm²となった。

【0055】n形Si単結晶基板301の裏面にアルミニウム・アンチモン（Al・Sb）合金からなるn形オーミック電極310を形成した後、通常のスクライブ法により積層構造体（ウェハ）3Aを裁断して個別に細分化し、LEDチップ50となした。チップ（個別素子）50は一辺を300μmとする正方形とした。なお、導電性電極合計面積の、台座電極の底面積に対する比率は約153%、素子平面全体に対する導電性電極と台座電極の底面積とを除く部分の比率は約69%となった。

【0056】n形オーミック電極310及び台座電極309間に順方向に電流を通流したところ、開放発光領域306aを通して波長を約450nmとする青色光が出射された。分配してオーミック性電極307を配置した効果に依り、チップ50の周縁の領域に於いても略様な強度発光が認められ、チップ状態で測定した発光の強度は約1.2カンデラ（cd）であった。20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（VF：@20mA）は、分配して配置した各小型オーミック電極307の良好なオーミック特性を反映して約3.8ボルト（V）となった。

【0057】

【発明の効果】本発明に依れば、台座電極を冠した酸化

物層を窓層として備えた半導体LEDにあって、窓層と高い接合障壁を形成する半導体層の開放発光領域に導電性電極を設ける構成としたので、開放発光領域の平面積を徒に減少させることなく、且つ台座電極から供給されるLED駆動電流が導電性酸化物からなる窓層を介して効率良く導電性電極に流通できるため、LED駆動電流が開放発光領域に略均等に拡散され、発光強度の分布が均一で且つ高発光強度の半導体LEDが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係わるLEDの平面構造を示す平面模式図である。

【図2】図1に示すLEDの破線X-Yに沿った断面模式図である。

【図3】本発明の第5の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図4】本発明の第6の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図5】本発明の第7の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図6】本発明の第8の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図7】本発明の第9及び第10の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図8】本発明の第11の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図9】本発明の第12の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図10】本発明の第13の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図11】本発明の第14の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図12】本発明の第15の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図13】本発明の第16及び第17の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図14】本発明の第18の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図15】本発明の第19の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図16】本発明の第18及び第19の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図17】本発明の第20の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図18】本発明の第21の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図19】本発明の第22の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図20】本発明の第23の実施形態に係わる導電性電極を備えたLEDの平面模式図である。

【図21】本発明の第24の実施形態に係わる導電性電

極を備えたLEDの平面模式図である。

【図22】本発明の実施例1に記載のLEDの平面模式図である。

【図23】図22のLEDの破線A-A'に沿った断面模式図である。

【図24】本発明の実施例2に記載のLEDの平面模式図である。

【図25】本発明の実施例3に記載のLEDの平面模式図である。

【図26】本発明の実施例4に記載のLEDの平面模式図である。

【図27】図4のLEDの破線B-B'に沿った断面模式図である。

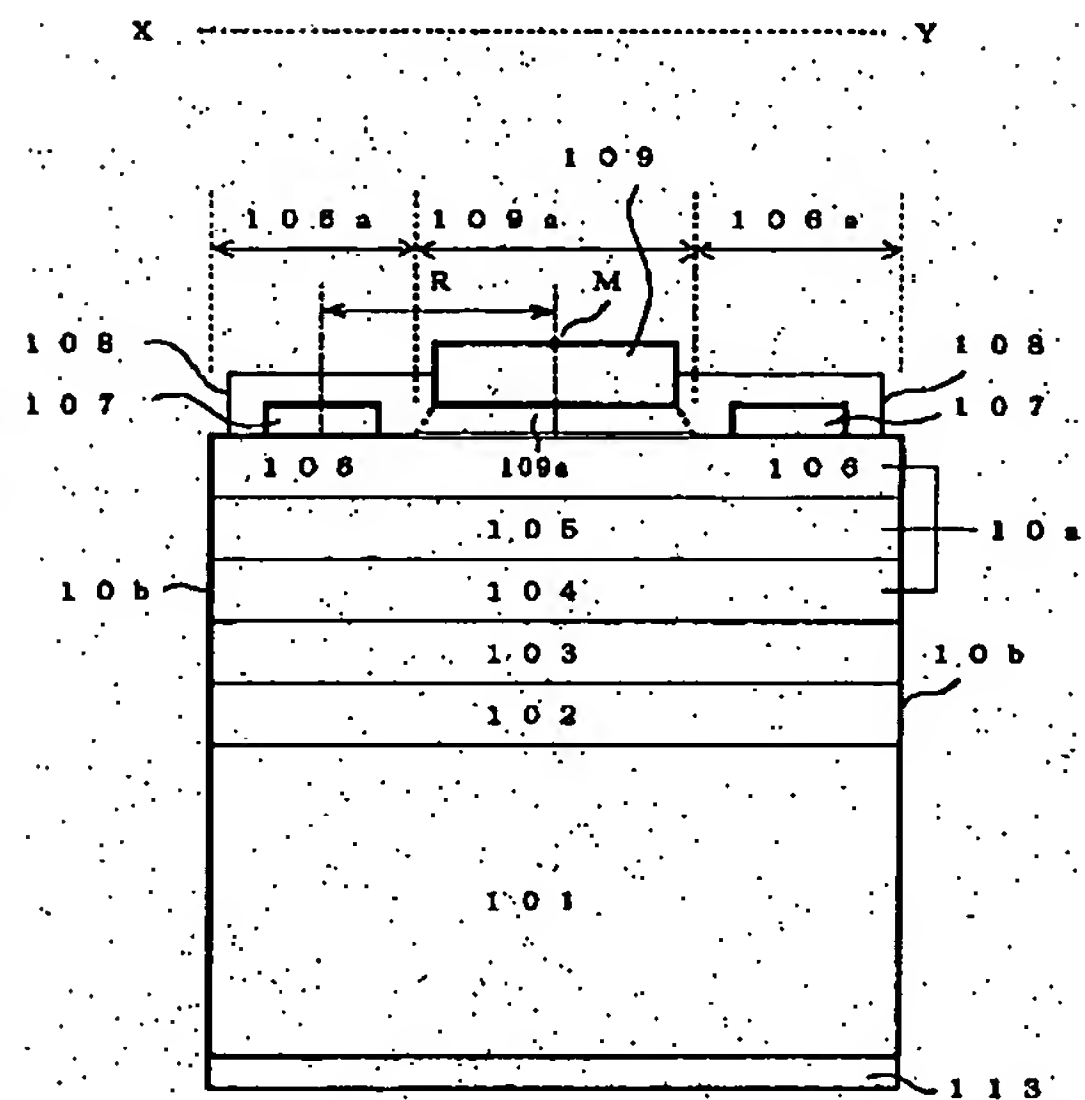
【図28】開口率と輝度、VFの関係を示す一例である。

【符号の説明】

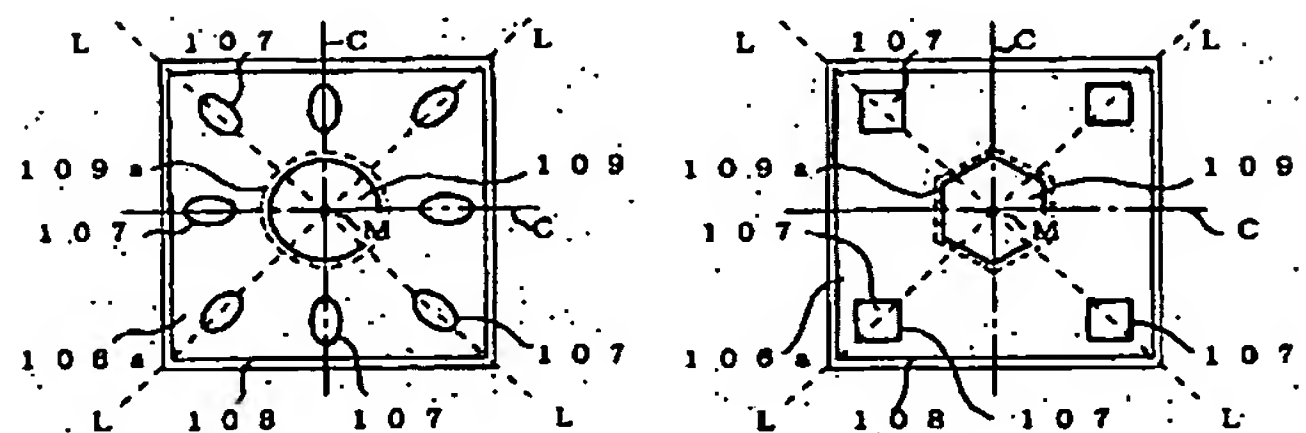
10	III-V族化合物半導体LED
10a	pn接合型ダブルヘテロ接合発光部
10b	LEDチップの外縁
101	単結晶基板
102	緩衝層
103	ブラッグ反射層
104	下部クラッド層
105	発光層
106	上部クラッド層
106a	開放発光領域
107	導電性電極
108	窓層
109	台座電極
109a	台座電極の射影領域
110	帯状導電性電極
111	枝状導電性電極
112	杵状導電性電極
112a	第1の金属杵電極
112b	第2の金属杵電極
113	基板裏面電極
d	隣接する導電性電極間の間隔
C	LEDチップの中心線
L	LEDチップの対角線
M	LEDチップ（台座電極）の中心点
Q	LEDチップのサイズ
R	台座電極の平面形状の中心点Mより導電性電極の形状中心に至る距離
2A	積層構造体
20	AlGaInP系LED
30	AlGaInP系LED
40	AlGaInP系LED
50	GaN系LED
20a	LEDチップの中心線
30a	LEDチップの中心線

- | | | |
|----|---------|-----------------------|
| | 2 1 0 | p形導電性電極 |
| | 2 1 1 | 带状導電性電極 |
| | 2 1 2 | 柞状導電性電極 |
| | 3 A | 積層構造体 |
| | 3 0 1 | 導電性 S i 単結晶基板 |
| | 3 0 2 | B P 低温緩衝層 |
| | 3 0 3 | B P 高温緩衝層 |
| | 3 0 4 | n形 G a N 下部クラッド層 |
| | 3 0 5 | G a I n N 発光層 |
| 10 | 3 0 6 | A l G a N 組成勾配上部クラッド層 |
| | 3 0 6 a | 開放発光領域 |
| | 3 0 7 | 小型導電性電極 |
| | 3 0 8 | 導電性透明酸化物窓層 |
| | 3 0 9 | 台座電極 |
| | 3 1 0 | n形導電性電極 |
| | 3 1 1 | 带状導電性電極 |
| | 3 1 2 | 枝状導電性電極 |
| | 3 1 3 | 柞状導電性電極 |

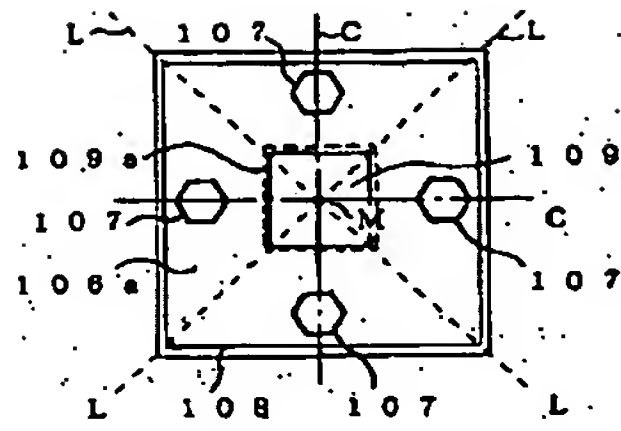
【図 2】



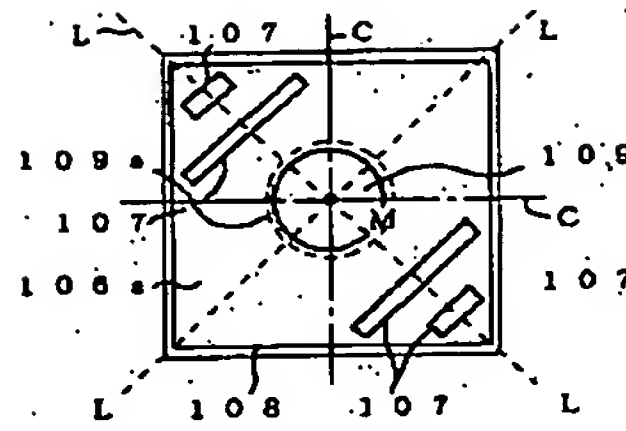
【図 5】



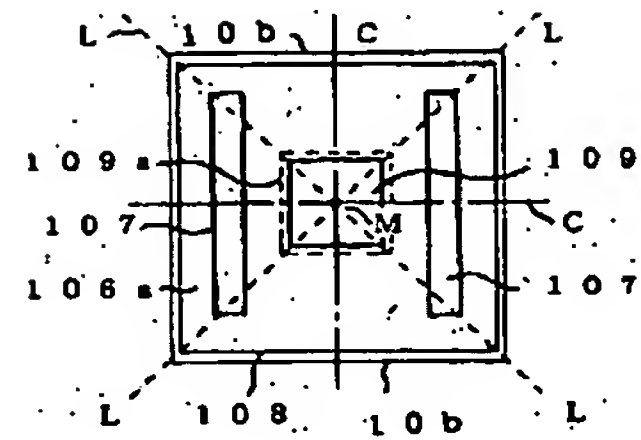
【図6】



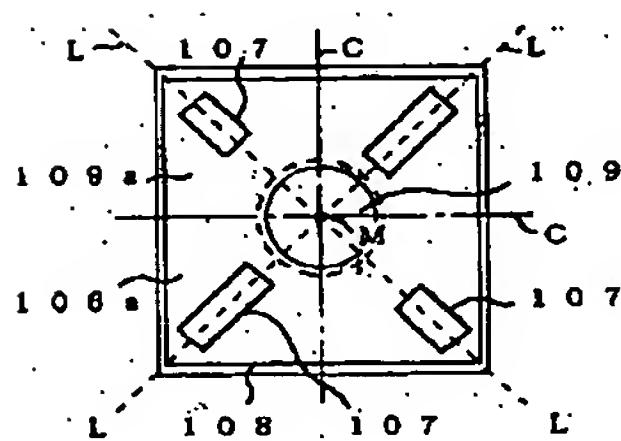
【図7】



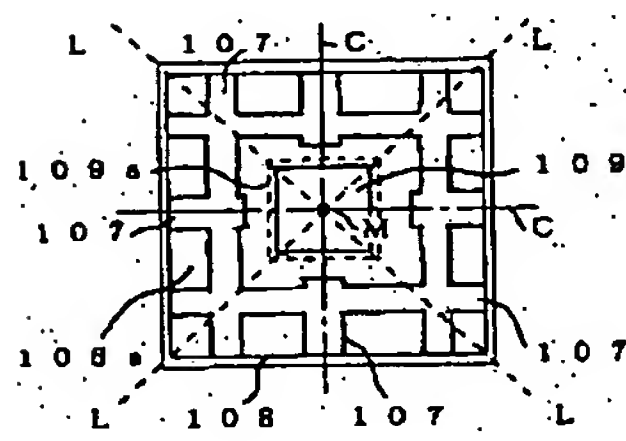
【図8】



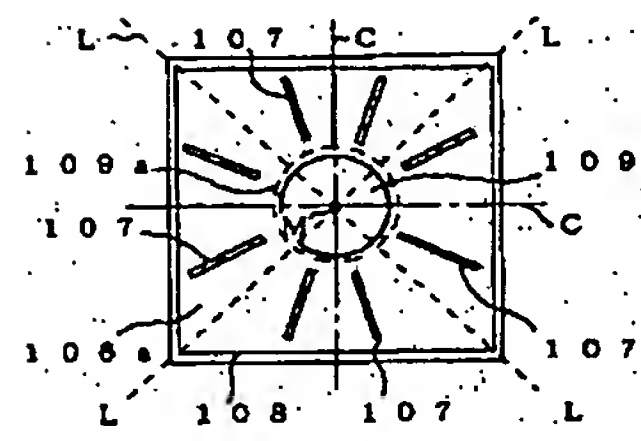
【図9】



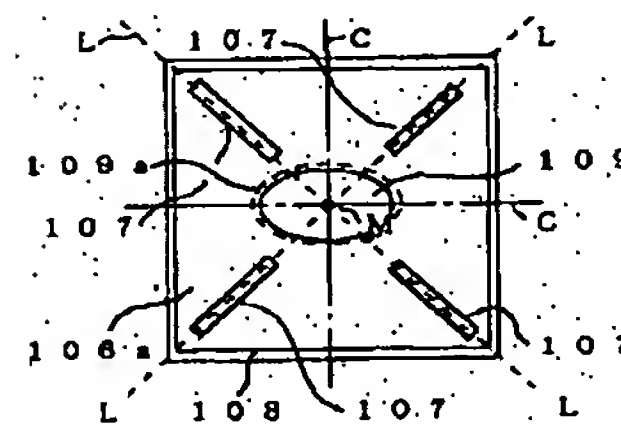
【図10】



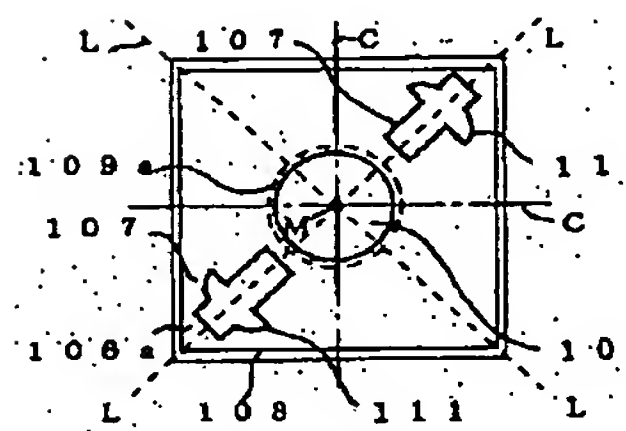
【図11】



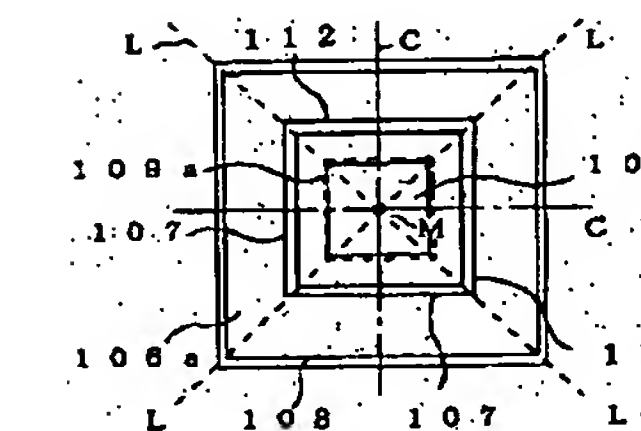
【図12】



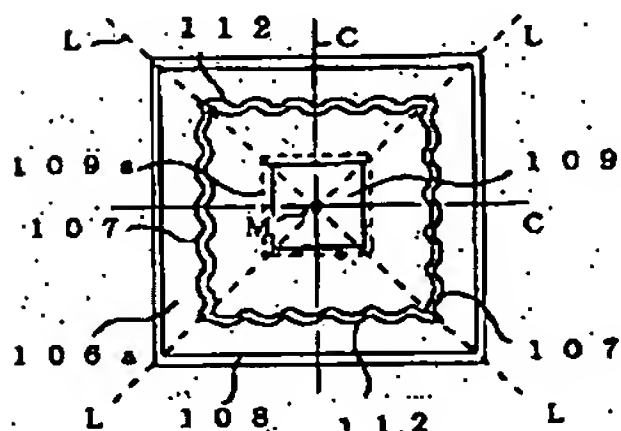
【図13】



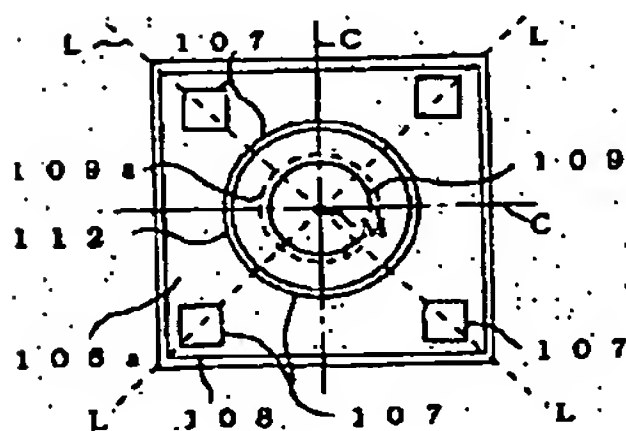
【図14】



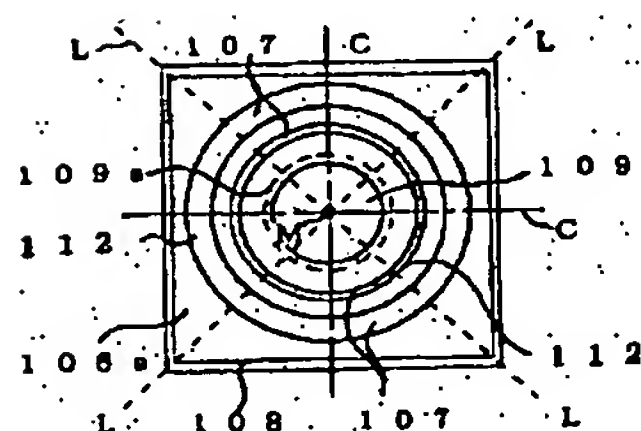
【図15】



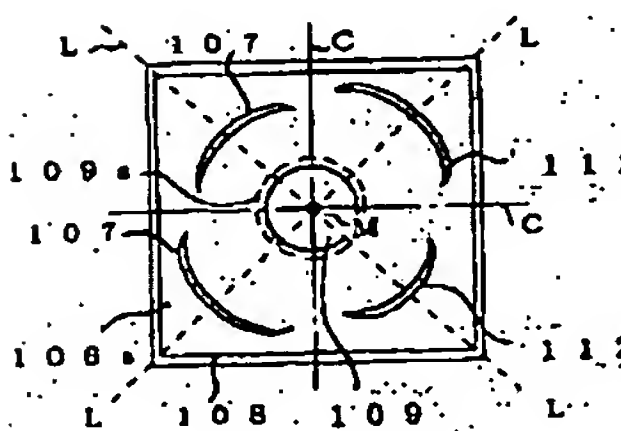
【図16】



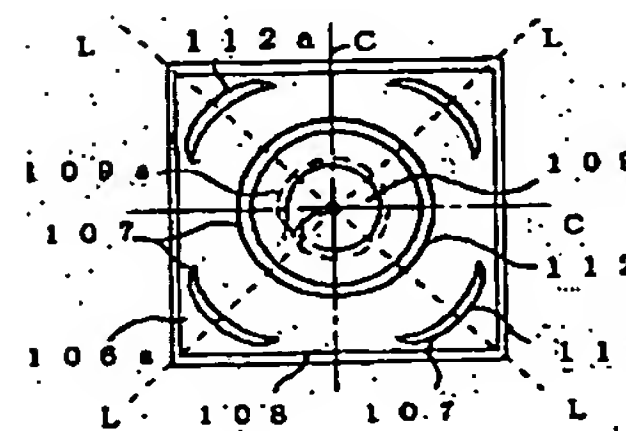
【図17】



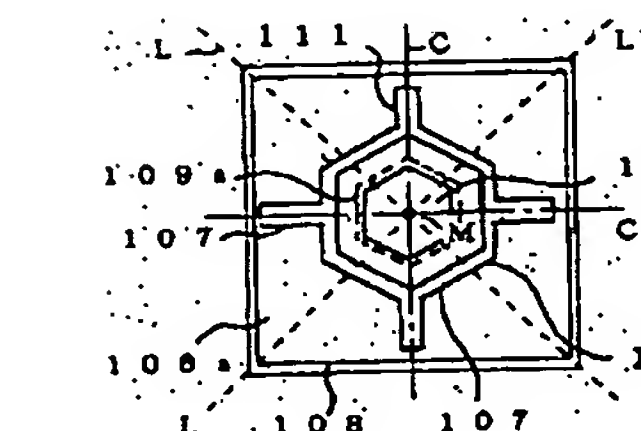
【図18】



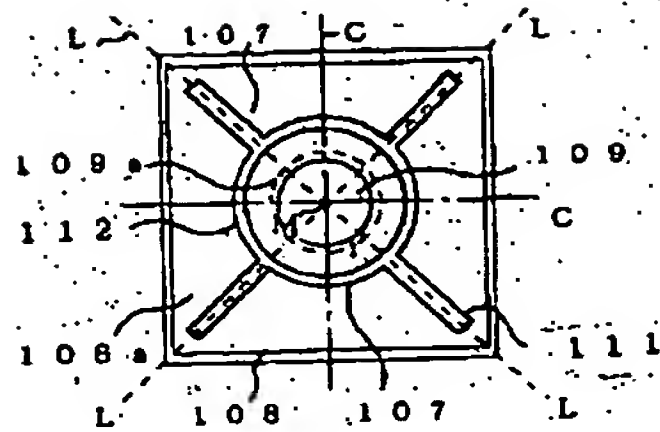
【図19】



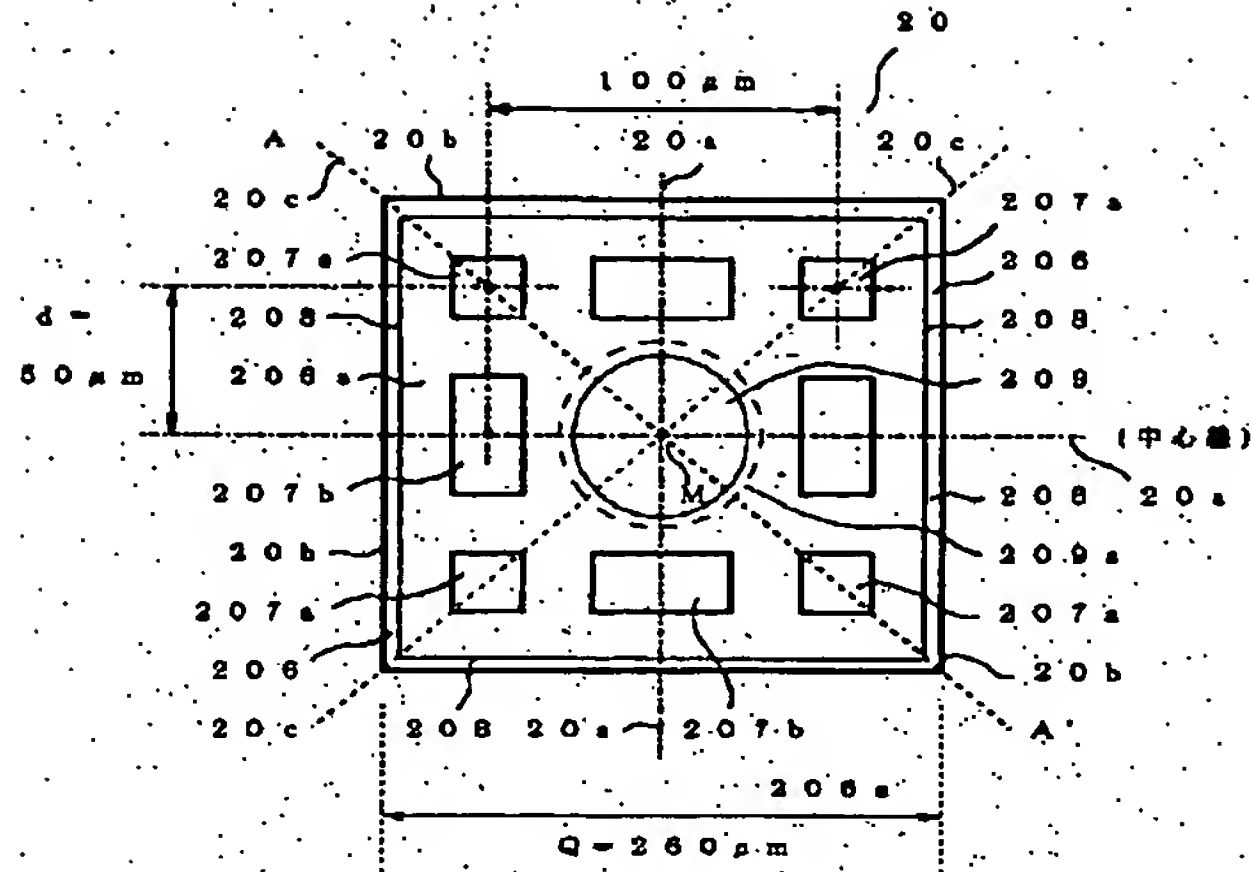
【図20】



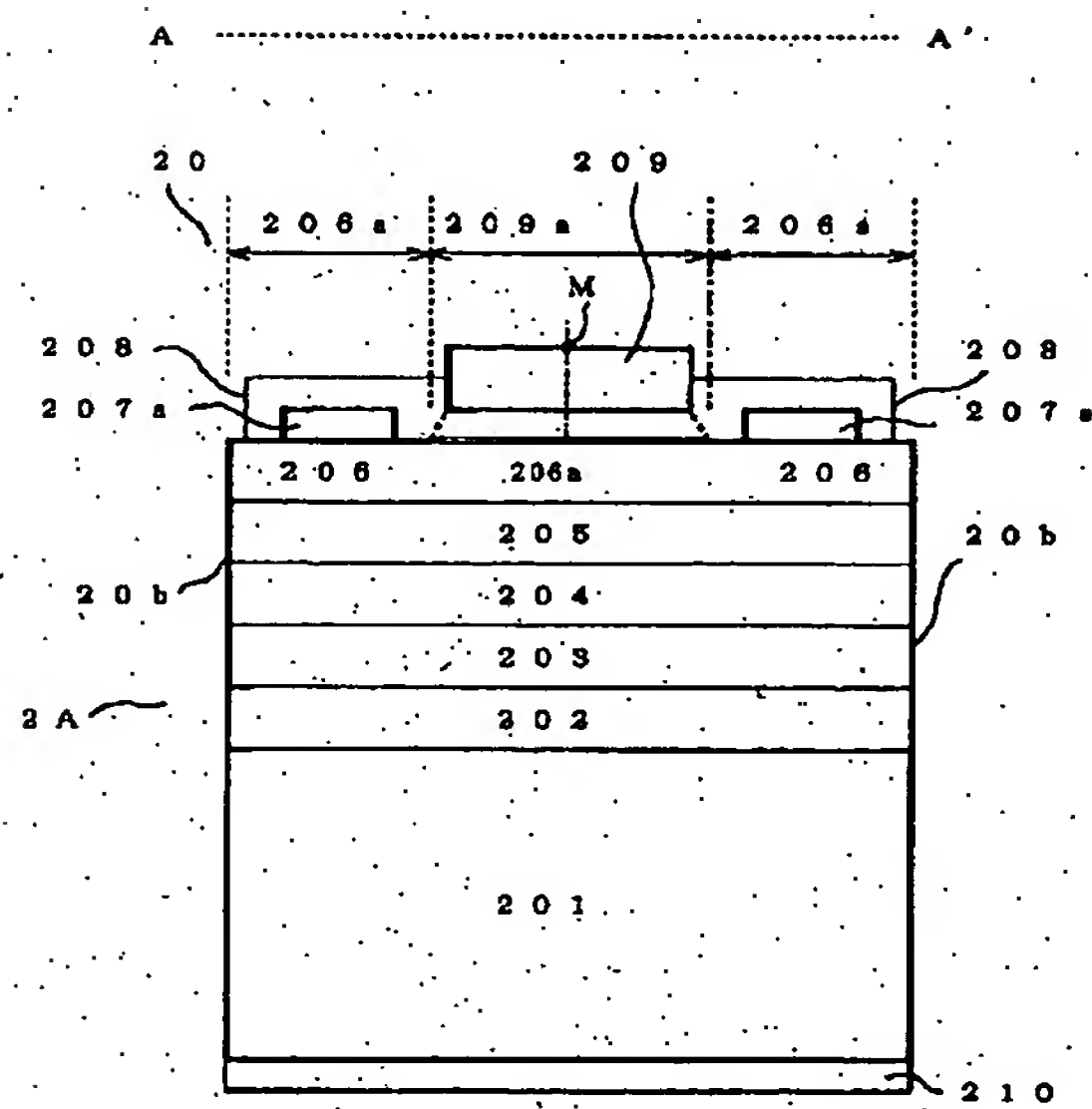
【図21】



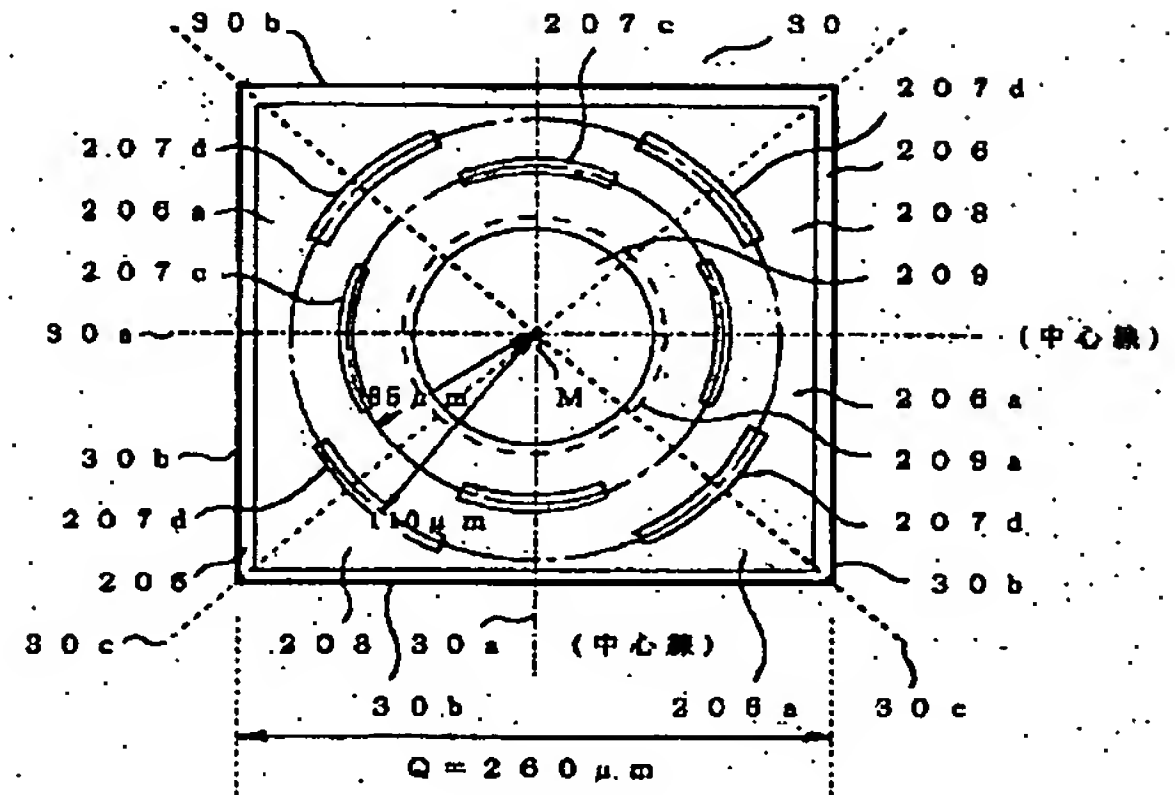
【図22】



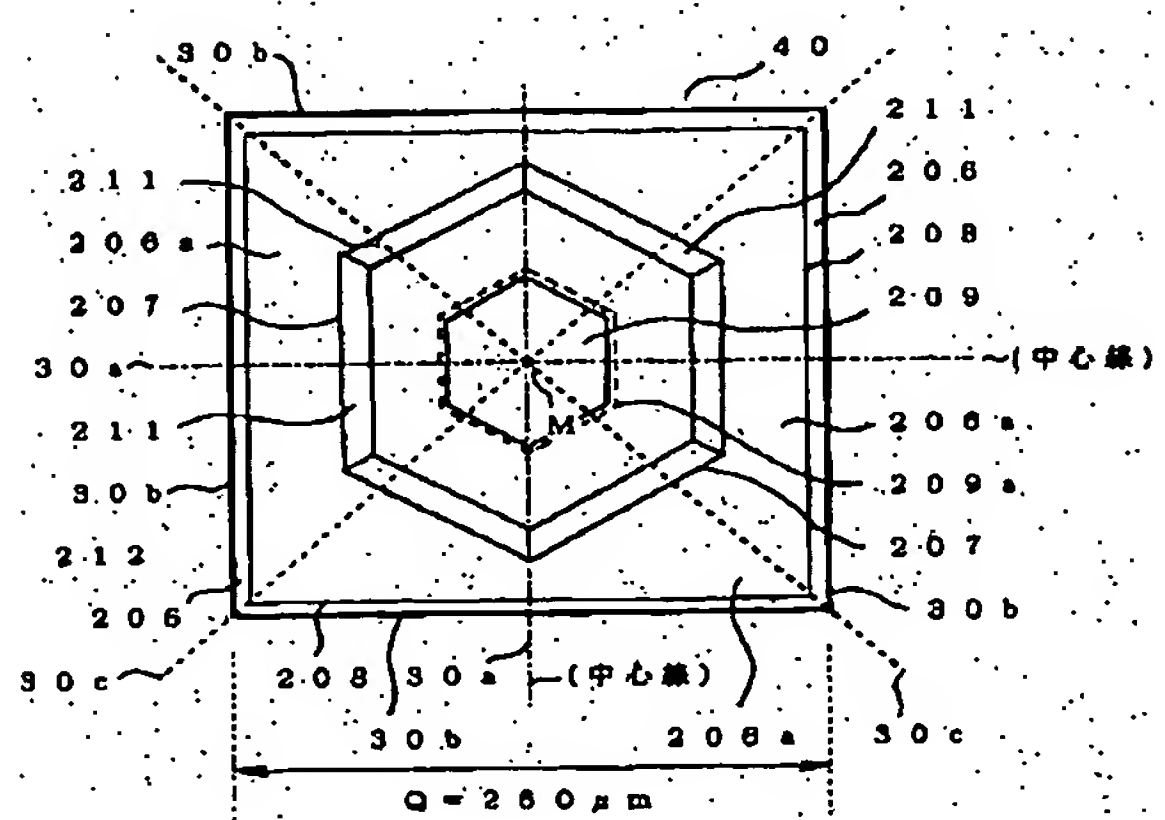
【図23】



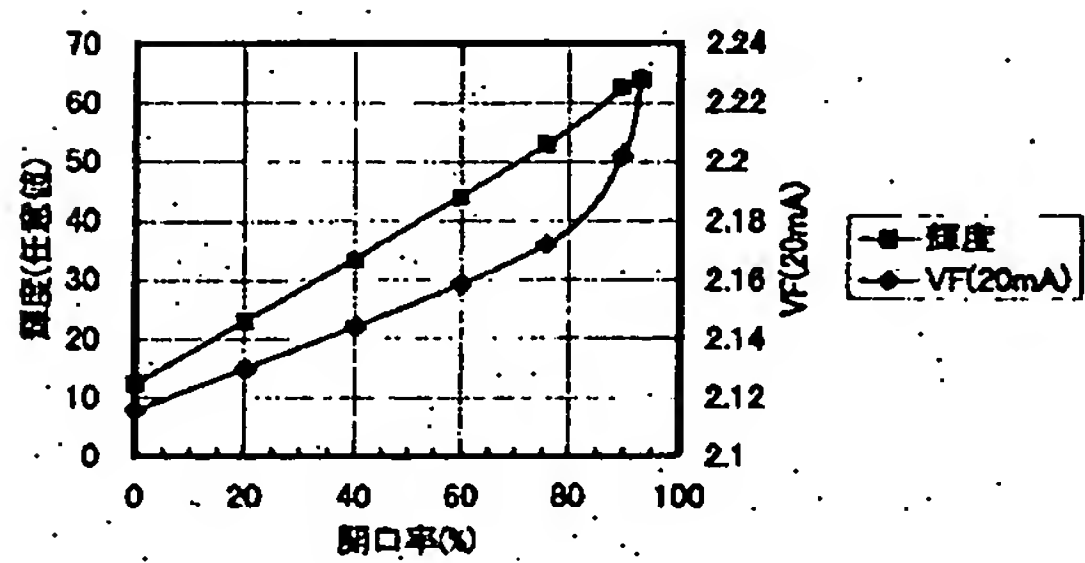
【図24】



【図25】



【図28】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.